



UNIVERSIDAD DE CUENCA

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

“Evaluación de la intensidad lumínica generada por lámparas de fotopolimerización utilizadas en consultorios privados de la ciudad de Cuenca. 2018”

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Odontólogo

Autores:

Anabel Priscila Rodas Jaramillo

CI. 0106637929

Fernando Mauricio Villalta Mendoza

CI. 0105836167

Director:

Od. Iván Andrés Palacios Astudillo

CI. 0104052386

Cuenca-Ecuador

2019

RESUMEN

La intensidad lumínica es importante para la activación de biomateriales fotosensibles y su valor mínimo es de 400mW/cm^2 . Las lámparas más comunes son Halógenas y LED. La presencia de fracturas o residuos de biomateriales sobre la fibra óptica de las mismas, pueden afectar su intensidad lumínica.

MATERIALES Y MÉTODOS: La muestra fue de 366 unidades, se determinó el tipo de lámpara, marca comercial, modelo, presencia o ausencia de fracturas y residuos de biomateriales sobre la fibra óptica. El radiómetro dental Bluephase Meter II, determinó el diámetro de la fibra y la intensidad lumínica. Los datos obtenidos fueron analizados con el programa IBM SPSS Statistics versión 23.

RESULTADOS: El 67,2% tenían intensidad adecuada y 32,8% inadecuada. Además, 19,1% eran lámparas halógenas y 80,9% LED. En cambio, 64,7% de unidades presentaban fibra óptica con diámetro de 8 mm; 15,6% de 9 mm; 12% de 10 mm; 2,2% de 11 mm y 5,5% de 12mm. Aparte, 78,7% no tenían fracturas de la fibra óptica, pero 21,3% si las presentaban. Finalmente, 55,5% presentaban residuos de biomateriales dentales sobre la fibra óptica y 44,5% estaban libres de ellos.

CONCLUSIONES:

El 32,8% de dispositivos tenían intensidades menores de 400 mW/cm^2 , con un mayor porcentaje de lámparas halógenas respecto a las LED.

Las fibras ópticas con diámetros de 8 y 9 mm, representaron los mayores porcentajes.

La intensidad lumínica puede afectarse por la presencia de fracturas o residuos de biomateriales dentales sobre la fibra óptica.

PALABRAS CLAVE: Intensidad lumínica. Lámparas de Fotopolimerización. Fibra Óptica. Radiómetro dental.

ABSTRACT

The luminous intensity is important for the activation of photosensitive biomaterials and its minimum value is 400mW/cm². The most common lamps are Halogen and LED. The presence of fractures or residues of biomaterials on their optical fiber can affect their light intensity.

MATERIALS AND METHODS: The sample was 366 units, the type of lamp, trademark, model, presence or absence of fractures and residues of biomaterials on optical fiber was determined. The dental radiometer Bluephase Meter II, determined the diameter of the fiber and the light intensity. The data obtained was analyzed with the IBM SPSS Statistics version 23 program.

RESULTS: 67.2% had adequate intensity and 32.8% inadequate. In addition, 19.1% were halogen lamps and 80.9% LED. In contrast, 64.7% of units had optical fiber with a diameter of 8 mm; 15.6% of 9 mm; 12% of 10 mm; 2.2% of 11mm and 5.5% of 12mm. In addition, 78.7% did not have fiber optic fractures, but 21.3% did. Finally, 55.5% had residues of dental biomaterials on the optical fiber and 44.5% were free of them.

CONCLUSIONS:

32.8% of devices had intensities lower than 400 mW / cm², with a higher percentage of halogen lamps than LEDs.

The optical fibers with diameters of 8 and 9 mm, represented the highest percentages.

The light intensity can be affected by the presence of fractures or residues of dental biomaterials on the optical fiber.

KEY WORDS: Light intensity. Light-curing Lamps. Fiber Optics. Dental Radiometer.

ÍNDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	13
CAPÍTULO I.....	14
JUSTIFICACIÓN	14
CAPÍTULO II.....	15
MARCO TEÓRICO.....	15
1. INTENSIDAD LUMÍNICA.....	15
2. UNIDADES DE FOTOPOLIMERIZACIÓN	16
2.1 TIPOS DE UNIDADES DE FOTOPOLIMERIZACIÓN	16
2.1.1 HALÓGENAS DE CUARZO – TUNGSTENO.....	16
2.1.2 DIODOS EMISORES DE LUZ (LED)	17
2.1.2.1 LED DE PRIMERA GENERACIÓN	18
2.1.2.2 LED DE SEGUNDA GENERACIÓN	18
2.1.2.3 LED DE TERCERA GENERACIÓN.....	19
3. DIÁMETRO DE LA FIBRA ÓPTICA.....	19
4. FACTORES QUE MODIFICAN LA INTENSIDAD LUMÍNICA	20
4.1 FRACTURAS DE LA FIBRA ÓPTICA.....	20
4.2 RESIDUOS DE BIOMATERIALES DENTALES SOBRE LA FIBRA ÓPTICA ..	20
5. RADÍOMETROS DENTALES	21
CAPÍTULO III.....	23
OBJETIVOS.....	23
1. OBJETIVO GENERAL.....	23
2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	23
CAPÍTULO IV	24
METODOLOGÍA	24
1. UNIVERSO Y MUESTRA	24
2. CRITERIOS DE INCLUSIÓN:.....	25
3. CRITERIOS DE EXCLUSIÓN:.....	25
4. VARIABLES DEL ESTUDIO	25
5. MÉTODO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	26
6. PLAN DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	28
CAPÍTULO V	29
RESULTADOS.....	29



CAPÍTULO VI	33
1. DISCUSIÓN	33
2. LIMITACIONES DEL ESTUDIO	35
CAPÍTULO VII	36
1. CONCLUSIONES	36
2. RECOMENDACIONES	37
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
ANEXOS.....	41

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1: LÁMPARA HALÓGENA DE CUARZO - TUNGSTENO.	17
ILUSTRACIÓN 2: LÁMPARA LED	18
ILUSTRACIÓN 3: FRACTURA DE LA FIBRA ÓPTICA.....	20
ILUSTRACIÓN 4: RESIDUOS DE BIOMATERIALES DENTALES SOBRE LA FIBRA ÓPTICA.	21
ILUSTRACIÓN 5: RADIÓMETRO DENTAL BLUEPHASE METER II.	22
ILUSTRACIÓN 6: PROGRAMACIÓN DEL RADIÓMETRO DENTAL:.....	27

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: INTENSIDAD LUMÍNICA DE LÁMPARAS DE FOTOPOLIMERIZACIÓN.	29
TABLA 2: TIPO DE LÁMPARA, DIÁMETRO, FRACTURAS Y RESIDUOS DE BIOMATERIALES DENTALES SOBRE LA FIBRA ÓPTICA.	30
TABLA 3: INTENSIDAD LUMÍNICA DE LÁMPARAS HALÓGENAS Y LED	30
TABLA 4: INTENSIDAD LUMÍNICA Y DIÁMETRO DE LA FIBRA ÓPTICA	31
TABLA 5: INTENSIDAD LUMÍNICA Y FRACTURA DE LA FIBRA ÓPTICA.....	32
TABLA 6: INTENSIDAD LUMÍNICA Y RESIDUOS DE BIOMATERIALES DENTALES SOBRE LA FIBRA ÓPTICA.	32

Cláusulas de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Anabel Priscila Rodas Jaramillo en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Evaluación de la intensidad luminica generada por lámparas de fotopolimerización utilizadas en consultorios privados de la ciudad de Cuenca. 2018", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 08 de febrero del 2019



Anabel Priscila Rodas Jaramillo

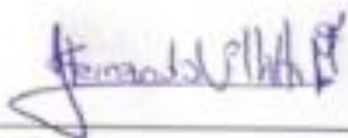
C.I: 0106637929

Cláusulas de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Fernando Mauricio Villalta Mendoza en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Evaluación de la intensidad lumínica generada por lámparas de fotopolimerización utilizadas en consultorios privados de la ciudad de Cuenca, 2018", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 08 de febrero del 2019



Fernando Mauricio Villalta Mendoza

C.I: 0105836167

Cláusulas de Propiedad Intelectual

Anabel Priscila Rodas Jaramillo, autora del trabajo de titulación "Evaluación de la intensidad luminica generada por lámparas de fotopolimerización utilizadas en consultorios privados de la ciudad de Cuenca. 2018", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, 08 de febrero del 2019



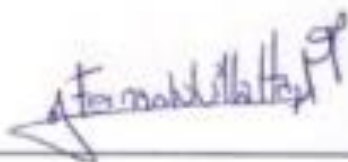
Anabel Priscila Rodas Jaramillo

C.I: 0106637929

Cláusulas de Propiedad Intelectual

Fernando Mauricio Villalta Mendoza, autor del trabajo de titulación "Evaluación de la intensidad luminica generada por lámparas de fotopolimerización utilizadas en consultorios privados de la ciudad de Cuenca. 2018", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, 08 de febrero del 2019



Fernando Mauricio Villalta Mendoza

C.I: 0105836167

DEDICATORIAS

A Dios por su infinita bondad y por guiar mis pasos siempre.

A mis padres, Roberto y Magdalena, por creer en mí, por su amor incondicional y por ser parte esencial para que esta meta de vida sea una realidad.

A mis hermanos, Andrés y Andrea, mis sobrinos Katty, Pablito y Sofi, por alegrar mi vida y ser motivo de inspiración para mejorar cada día.

Al resto de mi familia y amigos por todo el apoyo y cariño brindado.

Priscila

A Dios, por darme salud y guiarme en las distintas etapas de mi vida.

A mis padres, Nila y Gerardo, por su apoyo incondicional y por brindarme de su amor y e inmensa sabiduría.

A mi tío y a mi primo Marcos, por ser el motivo de mi inspiración y pasión por la odontología, y, así mismo por ser mis maestros durante toda mi formación no solo académica sino personal.

Al resto de mi familia, por sus enseñanzas y valores, los cuales fueron indispensables en mí.

A mis amigos, con los cuales he tenido el placer de compartir las mejores anécdotas de mi vida.

Fernando

AGRADECIMIENTOS

El agradecimiento es la memoria del corazón...

Agradecemos a Dios por todas las bendiciones que hemos recibido durante nuestras vidas.

A nuestros padres y familia por ser los pilares fundamentales en nuestra formación y por todos los sacrificios que han realizado para que podamos salir adelante.

A nuestro director de tesis, Od. Andrés Palacios, por su ayuda y apoyo durante la elaboración de esta investigación.

Al Doctor Diego Bravo, por guiarnos durante nuestra formación académica.

A nuestros amigos, por acompañarnos durante este proceso y ser parte de inolvidables momentos.

¡Muchas Gracias!

Priscila y Fernando

INTRODUCCIÓN

El presente estudio descriptivo observacional se centra en analizar la intensidad lumínica producida por las lámparas de fotopolimerización, que se define como la cantidad de fotones emitidos por estos dispositivos, siendo la intensidad mínima necesaria $400\text{mW}/\text{cm}^2$ ⁽¹⁾, para asegurar la correcta activación de los fotoiniciadores presentes en los biomateriales fotosensibles⁽²⁾. Actualmente existe una gran demanda estética y funcional a nivel de los tratamientos dentales ⁽³⁾ y por ello se ha popularizado el uso de estos biomateriales como: resinas compuestas, adhesivos, cementos, sellantes resinosos, y demás ⁽⁴⁻⁷⁾.

A través de los años, se han desarrollado distintos tipos de lámparas de fotopolimerización como: Halógenas, Arco de plasma de xenón, LED (Diodos Emisores de Luz) y Láser⁽¹⁾, siendo las más populares las Halógenas y LED, las cuales no deben presentar fracturas o residuos de biomateriales dentales sobre la fibra óptica, ya que estos factores pueden afectar la intensidad lumínica emitida por las mismas^(8, 9).

CAPÍTULO I

JUSTIFICACIÓN

Las repercusiones de una intensidad lumínica inadecuada ($< 400\text{mW/cm}^2$) se reflejan en una baja profundidad de fotopolimerización de los biomateriales dentales, lo que a su vez produce degradación, fracturas masivas y decoloración de la restauración⁽³⁾. Además, una disminución de la biocompatibilidad y la fuerza de unión entre diente-restauración; todos estos factores influyen de forma negativa el éxito de los tratamientos^(9, 10).

Boksman L y Santos GC, mencionan que el 37% de las restauraciones directas de resina compuesta presentan una inadecuada fotopolimerización, asociada a una deficiente intensidad lumínica⁽¹¹⁾. Además, López O et al. en Colombia en el 2011, estudiaron la intensidad lumínica de 64 unidades de fotoactivación, obteniendo como resultado que el 39% no presentaban la intensidad mínima necesaria para una adecuada fotopolimerización⁽¹²⁾. De igual manera, Martínez N en Guayaquil-Ecuador en el 2016, evaluó la intensidad lumínica de 45 lámparas de fotopolimerización, en donde 83,5% presentaban una intensidad deficiente menor a 400 mW/cm^2 ⁽¹³⁾.

En base a lo descrito previamente se puede evidenciar la necesidad de conocer cuál es la intensidad lumínica producida por las lámparas de fotopolimerización a nivel de la consulta privada, además, de concientizar a los profesionales de la salud a realizar controles periódicos de la intensidad lumínica de sus equipos, y así brindar un servicio óptimo y de calidad. De igual forma, a nivel local no se han realizado estudios sobre esta temática, por lo tanto, la presente investigación será pionera en el tema, estableciendo parámetros científicos para la elaboración de futuros estudios.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

1. INTENSIDAD LUMÍNICA

La intensidad lumínica se define como la cantidad de fotones emitida por una fuente de luz y su unidad de medida es mW/cm^2 (mili watt por centímetro cuadrado). Varios autores como: Price R et al., Rueggeberg F et al., Lee YR et al., Martin FE, describen que la intensidad mínima necesaria para la correcta fotopolimerización es de $400\text{mW}/\text{cm}^2$ (9, 14-16).

Dicha intensidad permite a la luz atravesar un incremento de resina compuesta de $2\text{mm}^{(16)}$, dando inicio al proceso de fotopolimerización al descomponer al fotoiniciador en radical libre. Este nuevo radical libre buscará un área rica en electrones (dobles enlaces de carbono de los monómeros), los romperá y generará más radicales libres para dar lugar a una red de polímeros. Finalmente, esta reacción termina por combinación, desproporción o falta de monómeros; convirtiendo a la matriz de resina que inicialmente era un gel en una matriz dura como un vidrio⁽¹⁷⁾.

El uso de dispositivos de fotopolimerización con apropiadas intensidades lumínicas influye tanto en las propiedades mecánicas y físicas de los biomateriales dentales, como en el grado de conversión de los monómeros a polímeros y así también en la longevidad de la restauración⁽¹⁸⁾. Alkhudhairi F. concluye en su estudio que intensidades altas como de $1200\text{ mW}/\text{cm}^2$ mejoran la resistencia a la tracción, compresión y la microdureza de Vickers del biomaterial⁽¹⁹⁾.

Contrario a esto, una inadecuada intensidad lumínica ($\sim 400\text{ mW}/\text{cm}^2$) tiene repercusiones negativas sobre los biomateriales, al evitar que se produzcan cantidades suficientes de radicales libres durante el proceso de fotopolimerización y, por ende, las propiedades del material se verán afectadas. Clínicamente, esto se evidencia con micro filtración, decoloración del material y menor resistencia al desgaste, conllevando a una mayor susceptibilidad a fracturas. A esto se suma la disminución del módulo elástico, menor resistencia a la flexión, menor

biocompatibilidad, mayor colonización bacteriana y mayor absorción de agua. Además, se percibe una mayor cantidad residual de monómeros libres que producen efectos citotóxicos⁽²⁰⁻²²⁾.

2. UNIDADES DE FOTOPOLIMERIZACIÓN

Las lámparas de fotopolimerización son instrumentos capaces de emitir energía electromagnética con una longitud de onda que oscila entre los 400 – 500 nm (nanómetros), permitiendo la activación de los fotoiniciadores presentes en los biomateriales dentales^(1, 23).

2.1 TIPOS DE UNIDADES DE FOTOPOLIMERIZACIÓN

2.1.1 HALÓGENAS DE CUARZO – TUNGSTENO

Las lámparas halógenas (QTH) se introdujeron en la década de 1970. Se caracterizan por generar una gran cantidad de energía en forma de radiación infrarroja, al igual que de radiación electromagnética a manera de luz visible, con una longitud de onda de 400 – 500nm. La intensidad generada por este tipo de dispositivos oscila entre 400 – 800 mW/cm² ⁽²³⁻²⁶⁾.

Estas lámparas están constituidas de un cristal de cuarzo que tiene en su interior un filamento de tungsteno y gas halógeno. Cuando la electricidad fluye a través del filamento, se liberan átomos de tungsteno de su superficie, produciendo una gran cantidad de energía electromagnética. Al apagar la corriente eléctrica, el filamento se enfría y el gas halógeno permite depositar los átomos de tungsteno sobre el mismo; este proceso se conoce como “Ciclo Halógeno”^(8, 17).

Se necesitan filtros y reflectores para disminuir la cantidad de radiación generada; los filtros permiten seleccionar la longitud de onda para emitir luz azul. En cambio, el reflector destella la parte visible de la radiación y absorbe la luz infrarroja, disipando el calor ya que está cubierto por un filtro dicróico. Para impedir

su sobrecalentamiento, la temperatura generada se disipa por medio de un ventilador incluido en el dispositivo^(8, 17).

Se conoce que solo se utiliza 0,5% del total de la energía producida y el restante 99,5% se elimina a través de los filtros y reflectores. En condiciones óptimas, la bombilla de QTH debe funcionar un aproximado de 50 horas^(8, 17).



*Ilustración 1: Lámpara Halógena de Cuarzo - Tungsteno.
Fuente: Rodas, Villalta*

2.1.2 DIODOS EMISORES DE LUZ (LED)

La introducción de la tecnología LED en odontología se dio en 1990, estas lámparas presentan ciertas ventajas con respecto a las unidades halógenas como: estrecha longitud de onda; larga vida útil; menor generación de calor, evitando la necesidad de un ventilador; menor costo y mayor eficiencia de conversión de la energía eléctrica en un 14%, ya que convierten directamente la electricidad en luz azul por medio de electroluminiscencia causada por el movimiento de los electrones en sus semiconductores. Estos semiconductores presentan una estructura cristalina y están constituidos de nitruro de galio-indio (InGaN)^(1, 27-29).



Ilustración 2: Lámpara LED
Fuente: Rodas, Villalta

2.1.2.1 LED DE PRIMERA GENERACIÓN

La primera generación de unidades LED poseían una intensidad lumínica baja de $100 - 280 \text{ mW/cm}^2$, misma que no producía una adecuada fotopolimerización. Por ello, se requería de tiempos de exposición demasiado largos como de 60 segundos; sin embargo, a pesar de estos inconvenientes, generaban mucho interés debido a que necesitaban poco mantenimiento y eran livianas^(8, 17, 30).

2.1.2.2 LED DE SEGUNDA GENERACIÓN

La principal diferencia con las unidades de primera generación es la inclusión del “Chip LED”, el cual aumenta la intensidad lumínica de las unidades. Se utilizan chips de $1\text{W} - 5\text{W}$ (watt), los cuales se distribuyen en cuatro áreas y cada una de estas consta de cuatro superficies emisoras, obteniendo un total de 16 áreas de emisión de luz. Sin embargo, la producción de una mayor intensidad también aumenta la cantidad de calor; por lo que fue necesario implementar revestimientos de metal para disipar el calor producido^(8, 17). Estos dispositivos producen una intensidad lumínica de aproximadamente 1000 mW/cm^2 ⁽²⁶⁾ y una longitud de onda de $410 - 470\text{nm}$, que es menor en comparación con las lámparas QTH, lo que trae dificultades para fotopolimerizar biomateriales que presenten fotoiniciadores alternativos^(8, 31).

2.1.2.3 LED DE TERCERA GENERACIÓN

Las lámparas LED de tercera generación aparecieron por la necesidad de sustituir a la canforquinona que, debido a su tonalidad amarillenta, afectaba a las propiedades estéticas del material. Por ello, las casas comerciales empezaron a utilizar fotoiniciadores alternativos como: fenilpropanediona (PPD), Lucirin TPO, entre otros. Estos necesitan una longitud de onda más corta y cercana a la luz violeta (~ 410 nm), lo que hace que estas lámparas incorporen un emisor de color adicional al panel LED de color azul, emitiendo una longitud de onda de 380 – 500 nm, obteniendo una combinación de luz violeta y azul^(17, 32) con una intensidad lumínica que oscila entre 1000 - 2000 mW/cm² ⁽²⁶⁾.

3. DIÁMETRO DE LA FIBRA ÓPTICA

La luz es conducida por medio de un sistema óptico o fibra óptica, el cual generalmente se presenta en forma de varillas rígidas intercambiables y de distintos diámetros o anchos a nivel de la punta⁽¹⁾. Estos diámetros oscilan entre 6 – 12 mm⁽³³⁾ y presentan el mismo tamaño en su extremo proximal (cercano a la fuente de luz) y distal (cercano al objetivo a fotopolimerizar)^(9, 34). Price R, recomienda el uso de dispositivos con fibras ópticas de diámetro grande, ya que permiten abarcar superficies más amplias durante cada ciclo de fotopolimerización; pero se requieren tiempos de exposición prolongados ya que, al aumentar el diámetro de la punta, la intensidad lumínica disminuye significativamente^(8, 21, 35).

En contraste a las fibras convencionales, las tipo “Turbo-Tip” presentan un diámetro proximal de tamaño grande y un distal pequeño, permitiendo que una mayor cantidad de fotones ingresen en la fibra, y el mismo número de ellos sean emitidos sobre una superficie más pequeña, aumentando así la intensidad lumínica; no obstante, esta intensidad disminuye notablemente conforme la fibra se aleja del material a fotopolimerizar; Price R, describe que con una distancia de 6 mm entre la punta de la fibra y el material, se emite menos intensidad lumínica al compararla con una fibra de vidrio convencional^(8, 34).

4. FACTORES QUE MODIFICAN LA INTENSIDAD LUMÍNICA

4.1 FRACTURAS DE LA FIBRA ÓPTICA

La presencia de daños físicos como la fractura o pérdida de continuidad de la fibra óptica, representa un factor modificante a la intensidad lumínica⁽¹⁷⁾. Strassler H y Price R, describen la importancia de mantener una condición optima de la misma, ya que la presencia de fracturas sobre ella, disminuyen tanto la intensidad lumínica⁽³⁶⁾ como también la homogeneidad de la luz irradiada, efecto indeseado durante la fotopolimerización⁽¹²⁾. Miyazaki M et al., describen que la intensidad lumínica aumenta un 46,2% al reemplazar las fibras ópticas fracturadas por otras nuevas⁽³⁷⁾.



*Ilustración 3: Fractura de la Fibra Óptica.
Fuente: Rodas, Villalta*

4.2 RESIDUOS DE BIOMATERIALES DENTALES SOBRE LA FIBRA ÓPTICA

La intensidad lumínica de las lámparas puede reducirse debido a la presencia de residuos o fragmentos de biomateriales dentales que tienden a adherirse al extremo distal de la fibra óptica⁽²¹⁾, impidiendo el correcto suministro de luz y afectando a las características de los materiales empleados en la práctica clínica⁽¹⁷⁾.

Hedge V et al., explican que, al eliminar los residuos de biomateriales sobre la fibra óptica, se mejora notablemente la intensidad lumínica emitida; sin embargo,

este autor no analiza la relación entre la cantidad de residuos con la disminución de la intensidad lumínica⁽³⁸⁾. Por otro lado, Khode R et al., recomiendan el uso de barreras físicas translúcidas desechables para evitar la contaminación cruzada y el depósito de desechos de biomateriales a nivel de la fibra óptica⁽³⁹⁾. Además, en caso de existir residuos biomateriales, estos se pueden eliminar usando una goma de pulido en una pieza de mano de baja velocidad⁽¹⁾.



Ilustración 4: *Residuos de Biomateriales Dentales sobre la Fibra Óptica.*
Fuente: Rodas, Villalta

5. RADIÓMETROS DENTALES

Los radiómetros dentales son medidores de luz que cuantifican la intensidad lumínica de las unidades de fotopolimerización y son comercializados en forma de dispositivos portátiles o integrados en las lámparas. Están constituidos por fotodiodos de silicio o selenio que pueden transformar la luz en corriente eléctrica, y cuyo valor de intensidad se muestra por medio de un medidor analógico o digital⁽⁴⁰⁾.

La norma ISO 10650 establece el uso de un medidor de potencia de laboratorio, mismo que se calibra en función a la radiación emitida por los dispositivos de fotopolimerización. Este medidor no está disponible en consultorios dentales particulares, ya que su uso es netamente industrial; por lo cual es imperativo el empleo de radiómetros dentales para monitorear el funcionamiento de las lámparas. Shimokawa CAK et al., evaluaron la precisión de 4 radiómetros dentales (*“Bluephase Meter II, SDI LED Radiómetro, Kerr LED Radiometer y LEDEX*

CM4000”) y concluyen que el radiómetro “Bluephase Meter II” (Ivoclar-Vivadent, Schaan, Liechtenstein) no muestra diferencias significativas al compararlo con el medidor de potencia de laboratorio. Por lo tanto, es el más indicado para la medición de la intensidad lumínica⁽⁴¹⁾.

Este último permite obtener lecturas de la intensidad en base al diámetro de cada dispositivo, presenta un rango de intensidad entre los 300 – 12000 mW/cm² y un rango de longitud de onda de 380 – 550 nm⁽³³⁾.

Así mismo, el radiómetro “Bluephase Meter II” (Ivoclar-Vivadent, Schaan, Liechtenstein) es avalado por la “International Electrotechnical Commission” (Comisión Electrotécnica Internacional) bajo la normativa IEC 61010-1 (EN 61010-1) y cumple con los estándares de “Electromagnetic Compatibility” (EMC) (Compatibilidad Electromagnética), acatando las regulaciones de la Unión Europea (U.E); por lo que su elaboración y distribución se realiza en condiciones “*técnicamente seguras*”. Adicionalmente, cuenta con la certificación del “Nationally Recognized Testing Laboratory” (NRTL) (Programa de Laboratorio de Pruebas Reconocido Nacionalmente), el cual es a la vez reconocido por la “Occupational Safety and Health Administration” (O.S.H.A) (Administración de Seguridad y Salud Ocupacional) de los Estados Unidos, como una entidad capacitada para realizar pruebas y certificaciones de seguridad de productos independientes, por lo tanto se garantiza el cumplimiento de los estándares de fabricación y de las normas de seguridad apropiadas^(33, 42) (Anexo 1).



Ilustración 5: Radiómetro Dental Bluephase Meter II.
Fuente: Rodas, Villalta

CAPÍTULO III

OBJETIVOS

1. OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la intensidad lumínica generada por lámparas de fotopolimerización utilizadas en consultorios privados de la ciudad de Cuenca. 2018.

2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Reconocer el tipo de lámpara de fotopolimerización.
- Determinar el diámetro de la fibra óptica de las unidades de fotopolimerización.
- Analizar la presencia o ausencia de fracturas de la fibra óptica de las lámparas de fotopolimerización.
- Analizar la presencia o ausencia de residuos de biomateriales dentales sobre la fibra óptica de las lámparas de fotopolimerización.

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

1. UNIVERSO Y MUESTRA

El presente estudio descriptivo observacional, estuvo constituido por un universo desconocido de lámparas de fotopolimerización; debido a que se solicitó a la “Agencia de Aseguramiento de la Calidad de los Servicios de Salud y Medicina Prepagada - ACESS” brindar información relacionada al número de consultorios privados que cuenten con permiso de funcionamiento de la ciudad de Cuenca (Anexo 2), sin embargo, los datos otorgados por esta entidad estuvieron contemplados a nivel de toda la provincia del Azuay en general, y no específicamente de la ciudad de Cuenca (Anexo 3). Es por ello, que se realizó el cálculo muestral en base a un universo desconocido, considerando que no se contaba con un registro oficial del número de dispositivos de fotopolimerización utilizados en cada consultorio a nivel privado en la localidad.

El cálculo muestral se efectuó con la fórmula propuesta para estudios con universos desconocidos descrita a continuación:

$$n = \frac{Z^2 pq}{d^2}$$

En donde:

n = tamaño de la muestra

Z = nivel de confianza: 1.96

p = proporción esperada: 0.39 basado en el estudio de López O et al. “Evaluación de la intensidad de salida de la luz de las lámparas de fotocurado de una clínica dental”⁽¹²⁾.

q = (1-p): 1- 0.39 = 0.61

d = Error muestral: 0.05

A partir de esto, la muestra estuvo constituida por 366 lámparas de fotopolimerización, las cuales fueron escogidas a través de un muestreo no probabilístico a conveniencia de las parroquias urbanas y rurales de la ciudad de Cuenca. Mismas que fueron analizadas una vez aplicados los criterios de inclusión y exclusión descritos a continuación.

2. CRITERIOS DE INCLUSIÓN

- Lámparas de fotopolimerización Halógenas y LED.
- Centros odontológicos donde el profesional a cargo permita el análisis de sus dispositivos de fotopolimerización previo una aprobación verbal.

3. CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

- Lámparas de fotopolimerización que no se usen actualmente.

4. VARIABLES DEL ESTUDIO

La operacionalización de las variables del estudio se detalla en el (Anexo 4).

Las variables utilizadas en el estudio son:

- Tipo de lámpara de fotopolimerización (1. Halógena o 2. LED)
- Fracturas de la fibra óptica (1. Ausente o 2. Presente)
- Residuos de biomateriales dentales sobre la fibra óptica (1. Presente o 2. Ausente)
- Diámetro de la fibra óptica (1. 6mm; 2. 7mm, 3. 8mm, 4. 9mm; 5. 10mm; 6. 11mm y 7. 12mm)
- Intensidad lumínica de los dispositivos (1. Adecuada o 2. Inadecuada)

5. MÉTODO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Previo a la recolección de datos, se realizó un muestreo no probabilístico, seleccionando por conveniencia 12 parroquias urbanas: Bellavista, Cañaribamba, El Batán, El Sagrario, El Vecino, Gil Ramírez Dávalos, Huaynacápac, Monay, San Blas, San Sebastián, Sucre, Totoracocha y 4 parroquias rurales: Baños, Sayausí, El Valle y Ricaurte, a razón de la accesibilidad que estas parroquias representaban para los investigadores⁽⁴³⁾. En estas parroquias se realizaron los análisis de 366 lámparas de fotopolimerización provenientes de consultorios privados.

Posteriormente, a través de observación directa se determinó el tipo de lámpara de fotopolimerización, marca comercial y modelo. Además, se analizó la presencia o ausencia de fracturas y/o residuos de biomateriales sobre la fibra óptica.

El radiómetro dental “Bluephase Meter II” (Ivoclar-Vivadent, Schaan, Liechtenstein) fue adquirido nuevo de fábrica para la realización de esta investigación (Anexo 5), por lo tanto, el mismo cumple con todos los estándares de fabricación y de seguridad avalados por las instituciones internacionales mencionadas en el capítulo anterior⁽³³⁾.

Mediante el uso del mismo, se determinó el diámetro de la fibra óptica por medio de la plantilla de medidas que está incluida en la parte posterior del dispositivo. Luego se programó el radiómetro, ingresando cada medida del diámetro por medio de los botones más (“+”) o menos (“-”) presentes en la parte anterior del mismo. Una vez programado el radiómetro, se colocó la fibra óptica centrada sobre el sensor del aparato y se activó la luz para así obtener las mediciones de la intensidad lumínica.

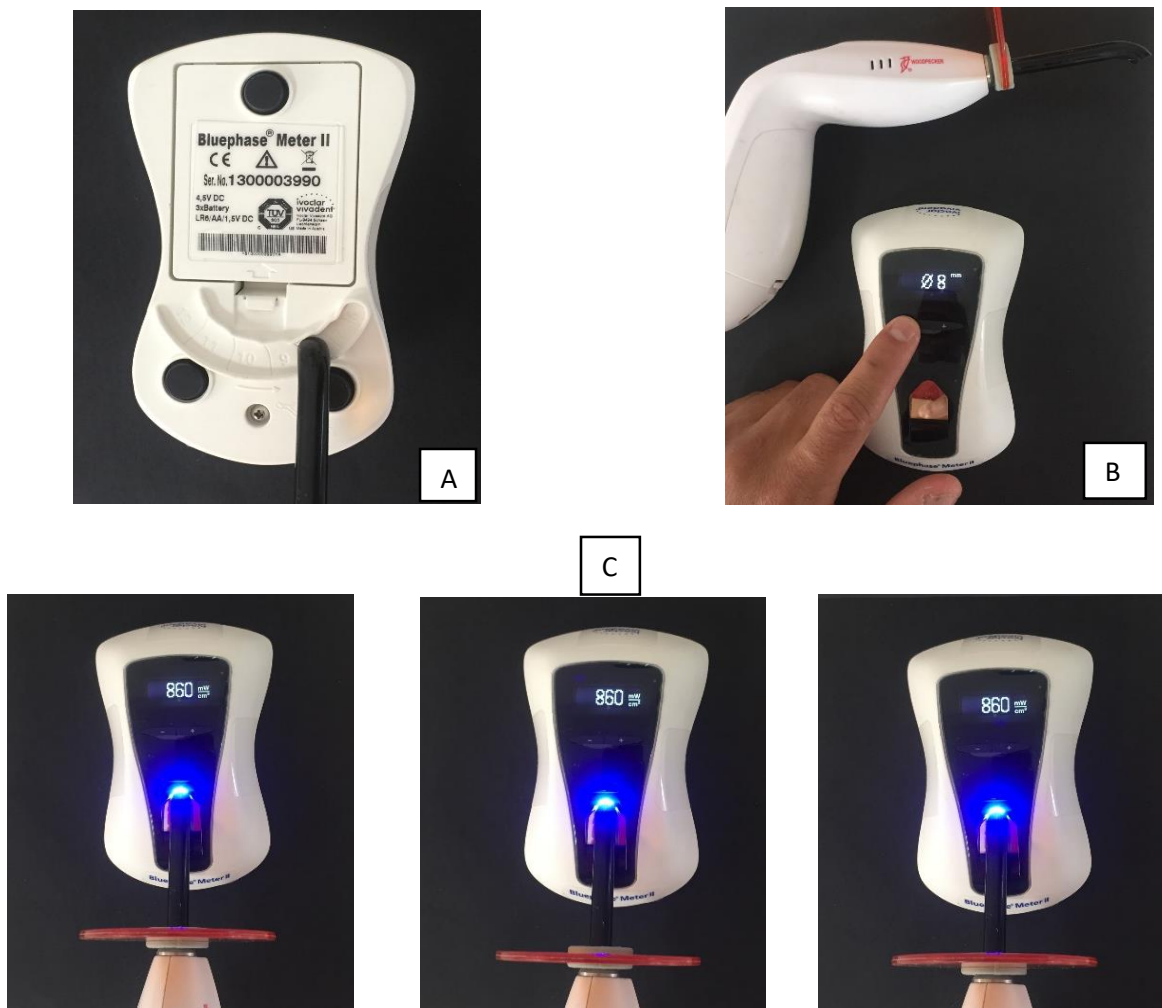


Ilustración 6: Programación del Radiómetro Dental:
A. Determinación del diámetro de la fibra óptica.
B. Digitación del diámetro obtenido.
C. Lecturas brindadas por el Radiómetro
Fuente: Rodas, Villalta

Siguiendo los parámetros usados por López O et al., los dispositivos analizados se encendieron un minuto previo a cada medición para obtener su mayor potencia. Luego, se midió tres veces la intensidad de cada lámpara por 20 segundos; en caso de discrepancias de $\pm 25 \text{ mW/cm}^2$ en un mismo dispositivo, se repitió el procedimiento, caso contrario, se calculó el promedio (Media) de los tres valores y este resultado determinó la intensidad definitiva. Las mediciones fueron ejecutadas por un solo investigador para evitar sesgos en la investigación⁽¹²⁾.

Toda la información obtenida fue registrada en el formulario propuesto para la recolección de datos, desarrollado con el programa “Microsoft Word 2016” (Microsoft Company, Washington, EEUU), detallado en el (Anexo 6). El instructivo sobre el llenado del mismo está detallado en el (Anexo 7).

6. PLAN DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La información obtenida en esta investigación fue registrada en el formulario de recolección de datos, en el cual se calculó el promedio de las tres intensidades obtenidas para determinar la intensidad definitiva. Posteriormente estos datos fueron procesados en el programa “Microsoft Excel 2016” (Microsoft Company, Washington, EEUU) para luego realizar un análisis estadístico descriptivo a través del uso del programa de computador “IBM SPSS Statistics versión 23” (IBM corporation, Armonk, NY, EEUU), donde las variables de tipo cualitativo nominales y ordinal fueron clasificadas según frecuencia y porcentaje. Todos los resultados obtenidos fueron expresados a través de tablas con criterios de evaluación, frecuencias y porcentajes.

CAPÍTULO V

RESULTADOS

Luego de haber evaluado la intensidad lumínica de 366 lámparas de fotopolimerización, el 67,2% de las mismas contaban con una intensidad lumínica adecuada, mientras que el 32,8% restante mostraban una intensidad inadecuada. (Tabla 1)

Intensidad lumínica	Frecuencia	Porcentaje
"Adecuada"	246	67,2 %
"Inadecuada"	120	32,8%
Total	366	100%

Tabla 1: Intensidad lumínica de lámparas de fotopolimerización.

Fuente: Rodas, Villalta

Así también, los resultados arrojaron que el 19,1% eran lámparas Halógenas y el 80,9% restante eran lámparas LED. Además, el 64,7% de unidades analizadas presentaban un diámetro de fibra óptica de 8 mm; el 15,6% de 9 mm; el 12% de 10 mm; el 2,2% de 11 mm y el 5,5% de unidades con un diámetro de 12mm. Adicionalmente, el 78,7% de unidades no mostraban fractura de la fibra óptica, contrario al 21,3% que si presentaban fractura(s). Finalmente, el 55,5% de las lámparas presentaban residuos de biomateriales dentales sobre la fibra óptica, dejando al 44,5% restantes, libres de ellos. (Tabla 2)

Tipo de Lámpara de Fotopolimerización	Frecuencia	Porcentaje
"Halógena"	70	19,1%
"LED"	296	80,9%
Total	366	100%
Diámetro de la Fibra Óptica	Frecuencia	Porcentaje
"8 mm"	235	64,7 %
"9 mm"	57	15,6 %

"10 mm"	44	12,0 %
"11 mm"	8	2,2 %
"12 mm"	20	5,5 %
Total	366	100%
Fractura de la Fibra Óptica	Frecuencia	Porcentaje
"Ausente"	288	78,7%
"Presente"	78	21,3%
Total	366	100%
Residuos de Biomateriales dentales sobre la Fibra Óptica	Frecuencia	Porcentaje
"Presente"	203	55,5%
"Ausente"	163	44,5%
Total	366	100%

Tabla 2: Tipo de lámpara, diámetro, fracturas y residuos de biomateriales dentales sobre la fibra óptica.

Fuente: Rodas, Villalta

Del total de lámparas halógenas estudiadas, el 41,4% presentaban una intensidad lumínica adecuada, mientras que el 58,6% presentaban una intensidad inadecuada. Del total de lámparas LED analizadas, el 73,3% contaban con una intensidad adecuada, pero la intensidad del 26,7% restante era inadecuada (Tabla 3).

		Tipo de Lámpara de Fotopolimerización			
		"Halógena"		"LED"	
		Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Intensidad Lumínica	"Adecuada"	29	41,4%	217	73,3%
	"Inadecuada"	41	58,6%	79	26,7%
Total		70	100%	296	100%

Tabla 3: Intensidad lumínica de lámparas Halógenas y LED

Fuente: Rodas, Villalta

Del total de dispositivos con un diámetro de la fibra óptica de 8mm, el 68,4% tenían una intensidad lumínica adecuada, mientras que la intensidad del 31,6% restante, era inadecuada. A su vez, del total de unidades con 9mm de diámetro analizadas, el 59,6% mostraban una intensidad adecuada y 40,4% restante, inadecuada. Así mismo, de todas las unidades con diámetro de 10mm un 63,6% tenían una intensidad adecuada, contrastando con un 36,4% cuya intensidad era inadecuada. Del mismo modo, del total de dispositivos con 11mm de diámetro, el 75% tenían una intensidad adecuada y 25% inadecuada. Por último, del total de unidades analizadas con un diámetro de 12mm, un 80% de estas tenían una intensidad adecuada y el 20% restante poseía una intensidad inadecuada (Tabla 4).

		Diámetro de la Fibra Óptica									
		"8mm"		"9mm"		"10mm"		"11mm"		"12mm"	
Intensidad Lumínica	"Adecuada"	162	68,4%	34	59,6%	28	63,6%	6	75%	16	80%
	"Inadecuada"	75	31,6%	23	40,4%	16	36,4%	2	25%	4	20%
Total		237	100%	57	100%	44	100%	8	100%	20	100%

Tabla 4: Intensidad Lumínica y Diámetro de la Fibra Óptica

Fuente: Rodas, Villalta

En el grupo de lámparas con ausencia de fracturas en la fibra óptica, el 74,3% presentaban una intensidad lumínica adecuada y el 25,7% restante, inadecuada. En cambio, de aquellas lámparas con presencia de fracturas en la fibra óptica, el 41,0% mostraban una intensidad lumínica adecuada y 59,0% inadecuada (Tabla 5).

		Fractura de la Fibra Óptica			
		"Ausente"		"Presente"	
		Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Intensidad Lumínica	"Adecuada"	214	74,3%	32	41,0%
	"Inadecuada"	74	25,7%	46	59,0%
Total		288	100%	78	100%

Tabla 5: Intensidad Lumínica y fractura de la fibra óptica

Fuente: Rodas, Villalta

De las unidades que presentaban residuos de biomateriales dentales sobre la fibra óptica, el 61,1% emitían una intensidad lumínica adecuada y el 38,9% inadecuada. En cambio, del total de dispositivos con ausencia de biomateriales sobre la fibra óptica el 74,8% presentaban una intensidad lumínica adecuada y el 25,2% inadecuada (Tabla 6).

		Residuos de Biomateriales dentales sobre la Fibra Óptica			
		"Presente"		"Ausente"	
		Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Intensidad Lumínica	"Adecuada"	124	61,1%	122	74,8%
	"Inadecuada"	79	38,9%	41	25,2%
Total		203	100%	163	100%

Tabla 6: Intensidad Lumínica y Residuos de biomateriales dentales sobre la fibra óptica.

Fuente: Rodas, Villalta

CAPÍTULO VI

1. DISCUSIÓN

La intensidad lumínica de las lámparas de fotopolimerización es un factor importante a ser considerado por los profesionales en la práctica clínica. El porcentaje de lámparas con una intensidad inadecuada representa el 32,8%, resultado similar a los estudios de López O et al. quienes describen un 39% de unidades con intensidad inadecuada⁽¹²⁾ y diferentes a los de Madhusudhana K et al., quienes reportan 44% de dispositivos con inadecuada intensidad⁽⁴⁴⁾.

Nuestros resultados demuestran que el 80,9% de las unidades analizadas son dispositivos LED y un 19,1% halógenos. Además, las lámparas halógenas presentan un mayor porcentaje de intensidades deficientes con el 58,6%, en comparación a las LED con un 26,7%. Estos resultados son comparables a los obtenidos por Al-Shafi M et al., quienes catalogan al 67,5% de dispositivos halógenos y 15,6% LED con intensidades insuficientes⁽²⁴⁾, y a los de Madhusudhana K et al., donde informan que el 43,7% de lámparas halógenas y el 13,1% de lámparas LED poseían intensidades inadecuadas⁽⁴⁴⁾. No obstante, estos resultados difieren completamente con los de Hegde V et al., quienes mencionan un elevado porcentaje de dispositivos con intensidades inadecuadas tanto halógenas como LED, los cuales fueron del 98% y 90% respectivamente⁽³⁸⁾.

Con respecto al diámetro de la fibra óptica, se observan mayores porcentajes para los diámetros de 8 y 9 mm con 64,7% y 15,6% respectivamente en comparación con diámetros más grandes; donde el 12%, 2,2% y 5,5% corresponden a diámetros de 10, 11 y 12 mm. Así mismo, Price R y Soares C et al., describen que las fibras con diámetro grande pueden emitir luz de forma homogénea y cubrir completamente la superficie de la restauración. Por el contrario, en el caso de fibras ópticas con diámetros pequeños, se tiene que emitir varias exposiciones

secuenciales para abarcar toda la superficie antes mencionada^(8, 34, 45). Por otro lado, Shortall AC et al., comentan que al aumentar la superficie del extremo distal de la fibra óptica se produce una disminución de la intensidad lumínica y describen que, al aumentar el diámetro de la fibra de 7 mm a 10 mm, la intensidad lumínica disminuye en un 50%⁽³⁵⁾. En esta investigación, aquellos dispositivos que presentan fibras ópticas con diámetros pequeños de 8mm, el 68,4% emiten una intensidad adecuada, y el 31,6% inadecuada. De igual manera, aquellas lámparas con las fibras ópticas más grandes de 12mm, el 80% de ellas emiten intensidades adecuadas y un 20% emiten intensidades inadecuadas.

En cuanto a los distintos factores que interfieren con la intensidad lumínica, el 21,3% de lámparas analizadas presentan fracturas a nivel de la fibra óptica, resultados distintos a los descritos por López O et al. quienes presentan un porcentaje inferior de 12%⁽¹²⁾ y Meda R. quien reporta un 10% de fibras ópticas fracturadas⁽⁴⁶⁾. Al analizar la intensidad lumínica de las unidades con fracturas de la fibra óptica, se observa que el 59% presentan una intensidad inadecuada, lo que demuestra la importancia de preservar la integridad de las mismas.

Los resultados de este estudio describen un 55,5% de las unidades presentan residuos de biomateriales dentales sobre la fibra óptica, porcentaje similar al de López O et al. quienes relatan un 48%⁽¹²⁾ y al de Meda R. quien reporta un 45% de residuos sobre la misma⁽⁴⁶⁾. Además, al analizar la intensidad lumínica de dispositivos con presencia de residuos, se obtiene que el 38,9% emiten una intensidad insuficiente. De igual forma, autores como Madhusudhana K et al., concuerdan que la presencia de contaminantes de resina sobre la fibra interfiere con la intensidad lumínica⁽⁴⁴⁾ y Sword R et al., recomiendan el uso de barreras protectoras como de polivinilo o de poliuretano las cuales no disminuyen significativamente la intensidad⁽⁴⁷⁾.

2. LIMITACIONES DEL ESTUDIO

- Los resultados obtenidos a partir de esta investigación no permiten englobar a toda la ciudad de Cuenca-Ecuador, ya que no se cubrió todas las parroquias urbanas – rurales de la presente ciudad, debido a la gran extensión de la misma, y los limitados recursos humanos. Así como también el período y tiempo de aplicación otorgados para el estudio.
- El presente estudio descriptivo-observacional, no determinó el grado de fracturas al igual que la cantidad de biomateriales dentales sobre la fibra óptica, ya que únicamente se realizó un análisis observacional calificando a estos factores como “Presente” o “Ausente”.
- No fue posible determinar la menor intensidad obtenida por los dispositivos de fotopolimerización, ya que la configuración del radiómetro dental da como lectura las siglas “MIN” al momento de medir intensidades menores a 300 mW/cm²⁽³³⁾ (Anexo 8).

CAPÍTULO VII

1. CONCLUSIONES

- El 32,8% del total de dispositivos presentaron intensidades por debajo de 400 mW/cm² (intensidad mínima), donde las lámparas halógenas presentaron un mayor porcentaje de intensidades inadecuadas (58,6%). Con respecto al tipo de dispositivos utilizados hubo un mayor porcentaje para el tipo LED en comparación a las halógenas (80,9%).
- La mayoría de lámparas de fotopolimerización presentaron fibras ópticas de diámetros pequeños de 8 y 9mm. Además, al analizar la intensidad lumínica emitida por las unidades con fibras ópticas de diámetros pequeños (8mm) y de diámetros grandes (12 mm) se determinó que emitían intensidades lumínicas adecuadas.
- La intensidad lumínica de las unidades de fotopolimerización puede verse afectada por la existencia de fracturas o presencia de residuos de biomateriales dentales sobre el extremo distal de la fibra óptica.

2. RECOMENDACIONES

- Es importante que los profesionales realicen un monitoreo periódico de la intensidad lumínica de sus dispositivos de fotopolimerización, reemplazando aquellas fibras ópticas que presenten fracturas y eliminando cualquier desecho o residuo sobre la fibra óptica, así como también realizando la desinfección de la misma.
- Se recomienda realizar similares investigaciones a nivel de establecimientos públicos que brinden atención odontológica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Reis A, Loguercio A. Materiales Dentales Directos: de los Fundamentos a la Aplicación Clínica. In: Editora S, editor. 2012. p. 275-321.
2. Alonso RCB, Brand WC, Souza-Junior EJC, Puppim-Rontani RM, Sinhoreti MAC. Photoinitiator concentration and modulated photoactivation: influence on polymerization characteristics of experimental composites. *Applied Adhesion Scienc.* 2014;2(10):1-11.
3. Mehta P, Dhawan RB, Khatri A. Dental Light Curing Units - A Review. *Indian Journal of Dental Sciences.* 2014;4(6):125 - 8.
4. Xuea J, Kannana P, A.Kumosani T, L.Al-Malkic A, Kannana K. Resin-based dental sealants as a source of human exposure to bisphenol analogues, bisphenol A diglycidyl ether, and its derivatives. *Environmental Research* 2018;162(35-40).
5. Muro KEM, Ibarra JG, Gómez AG, Szalay ER. Resistance to displacement analysis of two resin cements in intra-root dentin. *medigraphic.* 2016;20(4):230-5.
6. Mandri MN, Aguirre A, Zamudio ME. Adhesives systems in Restorative Dentistry *Odontoestomatología.* 2015;17(26):49-54.
7. Alqabbaa LM, Alsenani MS, Binalrimal SR. Light intensity output of visible light communication units and clinicians' knowledge and attitude among Riyadh private clinics. *J Conserv Dent.* 2018;21(6):667-70.
8. Price R. Light Curing in Dentistry. *Dent Clin North Am.* 2017;61(4):751-78.
9. Price R, Shortall A, Palin W. Contemporary Issues in Light Curing. *Oper Dent.* 2014;39(1):4-14.
10. Shimokawa CAK, Turbino ML, Harlow JE, Price HL, Price RB. Light output from six battery operated dental curing lights. *Materials Science and Engineering C* 2016;69:1036-42.
11. Boksman L, Santos GC. Principles of Light-Curing. *Inside Dentistry.* 2012;8(3):94-7.
12. Soto OPL, Vallejo JEA, Rodríguez LDJ, Macías AML. Evaluación de la intensidad de salida de la luz de las lámparas de fotocurado de una clínica dental. *Rev Colomb investig odontol.* 2011;2(4):24-31.
13. Martínez N. Evaluación de la intensidad de salida de luz de las lámparas de fotocurado utilizadas en clínica integral de la facultad piloto de odontología durante los meses de diciembre a abril del 2016. Ecuador: Universidad de Guayaquil; 2016.
14. Rueggeberg F, Caughman W, Curtis JJ. Effect of light intensity and exposure duration on cure of resin composite. *Oper Dent.* 1994;19(1):26-32.
15. Lee YR, Rozainah N, Ghani NA, Karobari MI, Noorani TY, Halim MS. Evaluation of Light-Curing Units Used in Dental Clinics at a University in Malaysia. *Journal of International Oral Health.* 2018;10(4):206-9.
16. Martin FE. A survey of the efficiency of visible light curing units. *J Dent.* 1998;26(3):239-46.
17. Rueggeberg F, Giannini M, Arrais C, Price R. Light curing in dentistry and clinical implications: a literature review. *Braz Oral Res.* 2017;31(1):64-91.
18. Barreto RO, Gayosso CÁ, Ibarra JG. Light-polymerization of composite resins through different thicknesses of dental tissue. *Rev Odont Mex.* 2015;19(4):222-7.
19. Alkhudhairy F. The effect of curing intensity on mechanical properties of different bulk-fill composite resins. *Clinical, Cosmetic and Investigational Dentistry.* 2017;9:1-6.
20. Michaud P-L, Price RBT, Labrie D, Rueggeberg FA, Sullivan B. Localised irradiance distribution found in dental light curing units. *Journal of dentistry* 2014;42:129-39.
21. Ernst C-P, Price RB, Callaway A, Masek A, Schwarm H, Rullmann I, et al. Visible Light Curing Devices – Irradiance and Use in 302 German Dental Offices. *J Adhes Dent.* 2018;20(1):41-55.

22. Omid B-R, Gosili A, Jaber-Ansari M, Mahdikhah A. Intensity output and effectiveness of light curing units in dental offices. *J Clin Exp Dent*. 2018;10(6):555-60.
23. Gil AMC, Ojeda YM, Rodríguez JA. Evolución histórica de las lámparas de fotopolimerización. *Revista Habanera de Ciencias Médicas* 2016;15(1):8-16.
24. Al-Shaafi M, Maawadh A, Al-Qahtani M. Evaluation of light intensity output of QTH and LED curing devices in various governmental health institutions. *Oper Dent*. 2011 36(4):356-61.
25. Mangat P, Dhingra A, Bhardwaj G. Curing Lights and the science behind them-An Overview. *IOSR-JDMS*. 2014;13(12):35-9.
26. Segal P, Lugassy D, Mijiritsky E, Dekel M, Ben-Amar A, Ormianer Z, et al. The Effect of the Light Intensity and Light Distances of LED and QTH Curing Devices on the Hardness of Two Light-Cured Nano-Resin Composites. *Materials Sciences and Applications*. 2015;6:1071-83.
27. Magalhães-Filho T, Weig K, Costa M, Werneck M, Barthem R, Neto CC. Effect of LED-LCU light irradiance distribution on mechanical properties of resin based materials. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl*. 2016;63:301-7.
28. Mouhat M, Mercer J, Stangvalta L, Örtengren U. Light-curing units used in dentistry: factors associated with heat development-potential risk for patients. *Clin Oral Investig*. 2017;21(5):1687-96.
29. Cadenaro M, Maravic T, Comba A, Mazzoni A, Fanfoni L, Hilton T, et al. The role of polymerization in adhesive dentistry. *Dent Mater*. 2019;35:1-22.
30. Mahant RH, Chokshi S, Vaidya R, Patel P, Vora A, Mahant P. Comparison of the Amount of Temperature Rise in the Pulp Chamber of Teeth Treated With QTH, Second and Third Generation LED Light Curing Units: An In Vitro Study. *J Lasers Med Sci*. 2016;7(3):184-91.
31. Cardoso KAORdF, Zarpellon DC, Madruga CFL, Rodrigues JA, Arrais CAG. Effects of radiant exposure values using second and third generation light curing units on the degree of conversion of a lucirin-based resin composite. *J Appl Oral Sci*. 2017 25(2):140-6.
32. Harlow JE, Sullivan AC, Shortall D, Labrie RB, Price R. Characterizing the Output Settings of Dental Curing Lights. *Journal of Dentistry*. 2015:4-18.
33. Ivoclar-Vivadent. Bluephase®Meter II-Instructions for Use. Schaan-Liechtenstein 2015. p. 2-7.
34. Price R. The Dental Curing Light-Dental Composite Materials for Direct Restorations. In: Miletic V, editor. Springer International Publishing AG 2018. p. 43-62.
35. Shortall AC, Price RB, MacKenzie L, Burke FJT. Guidelines for the selection, use, and maintenance of LED light-curing units – Part II. *British Dental Journal* 2016;221(9):551-4.
36. Strassler H, Price R. Understanding light curing, Part II. Delivering predictable and successful restorations. *DentToday*. 2014;9.
37. Miyazaki M, Hattori T, Ichiishi Y, Kondo M, Onose H, Moore B. Evaluation of curing units used in private dental offices. *Oper Dent*. 1998;23(2):50-4.
38. Hegde V, Jadhav S, Aher GB. A clinical survey of the output intensity of 200 light curing units in dental offices across Maharashtra. *J Conserv Dent* 2009;12(3):105-8.
39. Khode R, Shenoi P, Khode P. Evaluation of effect of different disposable infection control barriers on light intensity of light-curing unit and microhardness of composite - An in vitro study. *J Conserv Dent*. 2017;20(3):180-4.
40. Marović D, Matić S, Kelić K, Klarić E, M MR, Tarle Z. Time dependent accuracy of dental radiometers. *Acta Clin Croat*. 2013;52(2):173-80.
41. Shimokawaa CAK, Harlow JE, Turbino ML, Price RB. Ability of four dental radiometers to measure the light output from nine curing lights. *Journal of Dentistry*. 2016;54:48-55.

42. OSHA. NRTL Program Policies, Procedures, and Guidelines. In: U.S DOL, editor. www.osha.gov. p. 6.
43. Otzen T, Manterola C. Sampling Techniques on a Population Study. *Int J Morphol*. 2017;35(1):227-32.
44. Madhusudhana K, Swathi TV, Suneelkumar C, Lavanya A. A clinical survey of the output intensity of light curing units in dental offices across Nellore urban area. *Journal of Research in Dental Sciences*. 2016;7(2):64-8.
45. Soares C, Rodrigues M, Oliveira L, Braga S, Barcelos L, Silva G, et al. An Evaluation of the Light Output from 22 Contemporary Light Curing Units. *Braz Dent J*. 2017;28(3):362-71.
46. Meda R. Medición de la intensidad de la luz de las lámparas de fotocurado utilizadas por los estudiantes en la Facultad de Odontología en la Universidad San Carlos de Guatemala: Universidad de San Carlos; 2013.
47. Sword R, Chang J, Rueggeberg F. Effect of Curing Light Barriers and Light Types on Radiant Exposure and Composite Conversion. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2016;28(1):29-42.

ANEXOS

Anexo 1: Documento de certificación del radiómetro dental “Bluephase Meter II” (Ivoclar-Vivadent, Schaan, Liechtenstein).

English

Dear Customer

Thank you for having purchased the Bluephase Meter II from Ivoclar Vivadent. The light intensity of the polymerization light used is the decisive factor when it comes to the sufficient curing of restorations. In order to achieve adequate polymerization and thus durable high-quality composite restorations, it is recommended to check the light intensity of the polymerization lights regularly with a radiometer.

These Instructions for Use will help you to correctly start-up the apparatus, to make full use of its capabilities and to ensure a long service life. Should you have any further questions, please do not hesitate to contact us (see addresses on last page).

Intended use

The Bluephase Meter II is a radiometer for measuring energy-rich blue light in the wavelength range of 380–550 nm in polymerization lights intended for dental use. The Bluephase Meter II is suitable for measuring the light intensity (irradiance) in $[mW/cm^2]$ as well as the light power (radiant flux) in $[mW]$. The intended use includes the observation of the notes and regulations in these Instructions for Use. Position of use – lying on the table.

Signs and symbols



Contraindication

Symbols on the device



Observe Instructions for Use



The apparatus must not be disposed in the normal domestic waste. Please visit your local Ivoclar Vivadent website for detailed information about the disposal of the unit.

Safety notes

The Bluephase Meter II is a laboratory apparatus which is subject to IEC 61010-1 (EN 61010-1). It complies with the relevant EU regulations. The apparatus has been shipped from the manufacturer in a safe and technically sound condition. In order to maintain this condition and to ensure risk-free operation, the notes and regulations in these Instructions for Use have to be observed.



NRTL (Nationally Recognized Testing Laboratory)

Anexo 1: Sello de certificación en el radiómetro dental “Bluephase Meter II” (Ivoclar-Vivadent, Schaan, Liechtenstein).



Anexo 2: Solicitudes enviadas a la “ACCESS”.

Cuenca, 08 de junio del 2018.

Od. Jennifer Alarcón
Delegada Provincial ACCESS Azuay.
En su despacho:

Yo, Fernando Mauricio Villalta Mendoza estudiante de último año de la Facultad de Odontología de la Universidad de Cuenca con número de cedula 010583616-7, en la actualidad estoy realizando un proyecto de investigación denominado: “Evaluación de la intensidad y funcionamiento de las lámparas de foto polimerización utilizadas en consultorios privados de la ciudad de Cuenca. 2018”, por lo cual requiero conocer el número de consultorios privados que tengan el permiso de funcionamiento de la presente ciudad para poder realizar el cálculo del tamaño muestral y poder definir la población de la investigación.

Esperando una respuesta positiva, me suscribo.

Atentamente:


Fernando Villalta Mendoza

CI:010583616-7

Correo electrónico:

fernandovillalta4@gmail.com

Teléfono:

0995230502



Cuenca, 11 de junio del 2018.

Od. Jennifer Alarcón
Delegada Provincial ACCESS Azuay.
En su despacho:

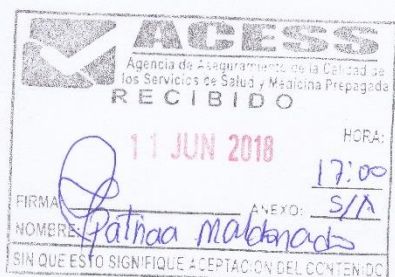
Yo, Fernando Mauricio Villalta Mendoza con número de cedula 010583616- 7, realizo el proyecto de investigación denominado: "Evaluación de la intensidad y funcionamiento de las lámparas de foto polimerización utilizadas en consultorios privados de la ciudad de Cuenca. 2018", por lo que solicito conocer el número de consultorios privados de la presente ciudad con permiso de funcionamiento, la presente investigación está bajo la dirección del Dr. Iván Andrés Palacios Astudillo con número de cedula 010405238-6 , el cual justifica la necesidad de llevar a cabo el proyecto para conocer el estado actual de las unidades de fotopolimerización y concientizar a los profesionales de la salud a realizar mantenimientos periódicos de sus equipos, logrando de esta manera brindar un servicio óptimo y de calidad a la sociedad de la misma forma estudios similares no se han realizado en la ciudad, por lo cual los resultados de la investigación serán relevantes para la comunidad de odontólogos de Cuenca.

Esperando una respuesta positiva, me suscribo.

Atentamente:


Fernando Villalta Mendoza
CI:010583616-7
fernandovillalta4@gmail.com


Andrés Palacios Astudillo
CI: 010405238-6
andres.palacios@ucuenca.edu.ec



Anexo 3: Respuestas recibidas por la “ACCESS”

AGENCIA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DE
LOS SERVICIOS DE SALUD Y MEDICINA PREPAGADA



Oficio Nro. ACCESS-DPS-AZ-2018-0771-O

Azuay, 08 de junio de 2018

**Asunto: SOLICITUD DE INFORMACION DE CONSULTORIOS CON PERMISO DE
FUNCIONAMIENTO**

Señor
Fernando Mauricio Villalta Mendoza
En su Despacho

De mi consideración:

En referencia al Memorando Nro. ACCESS-DPS-AZ-2018-0456-E, en el cual se solicitud del número de consultorios privados de la Ciudad de Cuenca 2018, me permito manifestar que para otorgarle la información el usuario debe presentar el justificativo de la Universidad en la que se encuentra elaborando el proyecto, con las especificaciones de la información que requiere.

Particular que pongo en su conocimiento para los fines pertinentes.

Con sentimientos de distinguida consideración.

Atentamente,

Od. Jennifer Alexandra Alarcon Calle
DELEGADA PROVINCIAL DE ACCESS - ODONTÓLOGO GENERAL I

**AGENCIA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DE
LOS SERVICIOS DE SALUD Y MEDICINA PREPAGADA****Oficio Nro. ACCESS-DPS-AZ-2018-0794-O****Azuay, 14 de junio de 2018****Asunto: SOLICITUD DE INFORMACION PARA PROYECTO DE TESIS****Señor****Fernando Mauricio Villalta Mendoza****En su Despacho****De mi consideración:**

La Agencia de Aseguramiento de la Calidad de los Servicios de Salud y Medicina Prepagada - ACCESS, se creó mediante Decreto Ejecutivo 703 publicado en el Suplemento del Registro Oficial 534 de 1 de julio de 2013, como organismo técnico administrativo, adscrito al Ministerio de Salud Pública; siendo esta instancia la encargada de ejercer la regulación técnica, control técnico y la vigilancia sanitaria de la calidad de los servicios de salud públicos, privados y comunitarios, con o sin fines de lucro, de las empresas de salud y medicina prepagada y de personal de salud.

En atención a documento ACCESS-DPS-AZ-2018-0466-E, de fecha 11 de junio del 2018 en donde se solicita "conocer el número de consultorios privados de la presente de la presente ciudad con permiso de funcionamiento...."

En virtud de lo solicitado me permito indicar que en la Provincia del Azuay durante el 2017 se entregaron 618 permisos de funcionamiento aproximadamente entre consultorios generales, consultorios de especialidad clínico quirúrgico y centros de especialidades.

La información de consultorios que cuentan con permisos de funcionamiento durante el 2018 se puede entregar únicamente con corte hasta el mes de mayo lo cual no sería el universo global de establecimientos con los que cuenta la Provincia del Azuay.

Con sentimientos de distinguida consideración.

Atentamente,

Od. Jennifer Alexandra Alarcon Calle**DELEGADA PROVINCIAL DE ACCESS - ODONTÓLOGO GENERAL I**

**Dirección: Plataforma Gubernamental de Gestión Financiera, Av. Amazonas y calle Unión Nacional de Periodistas, bloque 1, piso 7
Código Postal: 170506 / Quito - Ecuador Teléfono: (593) 2383 4006**

*Documento generado por Copiax

www.calidadsalud.gob.ec

45

Anexo 4. Tabla de Operacionalización de Variables.

Variable	Definición	Indicador	Escala
Intensidad de la luz.	Cantidad de fotones emitida por una fuente de luz, su unidad de medida es mW/cm^2 . Siendo $400\text{mW}/\text{cm}^2$ la intensidad mínima necesaria para la fotopolimerización.	Radiómetro "Bluephase Meter II".	1. Adecuado ($\geq 400 \text{ mW}/\text{cm}^2$) 2. Inadecuado ($< 400\text{mW}/\text{cm}^2$)
Tipo de lámpara de fotopolimerización.	Instrumentos capaces de emitir energía electromagnética, con una longitud de onda que oscila entre los 400 – 500 nm, y que puede ser de varios tipos.	Observacional.	1. Halógena 2. LED
Diámetro de la fibra óptica.	Distintos anchos a nivel de la punta (extremo distal) de la fibra óptica.	Radiómetro "Bluephase Meter II".	1. 6mm 2. 7mm 3. 8mm 4. 9mm 5. 10mm 6. 11mm 7. 12mm
Fracturas de la fibra óptica.	Pérdida de continuidad de la fibra óptica.	Observacional.	1. Ausente 2. Presente
Residuos de biomateriales dentales sobre la fibra óptica.	Residuos o fragmentos de biomateriales que tienden a adherirse al extremo distal de la fibra óptica.	Observacional.	1. Presente 2. Ausente

Anexo 5. Comprobante de adquisición del radiómetro dental “Bluephase Meter II” (Ivoclar-Vivadent, Schaan, Liechtenstein).

		R.U.C.: 0990031061001 GUÍA DE REMISIÓN No. 001-004-000008039 NÚMERO DE AUTORIZACIÓN 2609201806099003106100120010040000080391737440516	
KROBALTO Dir. Matriz: Aguirre no. 611 y Boyaca Dir. Sucursal: Suc. Centro: Aguirre no. 611 y Boyaca OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD: SI Fecha Inicio Transporte: 26/09/2018 Fecha Fin Transporte: 26/09/2018		EMISIÓN: NORMAL AMBIENTE: Producción CLAVE DE ACCESO  2609201806099003106100120010040000080391737440516	
RUC / CI (Transportista): Razón Social / Nombres y Apellidos: Placa: Punto de Partida:		0190073998001 SUPER SEMERJA NNN999 GUAYAQUIL	
Comprobante de Venta: Número de Autorización: Motivo Traslado: Destino (Punto de Llegada): RUC / CI (Destinatario): Razón Social / Nombres Apellidos: Documento Aduanero: Código Establecimiento Destino: Ruta:		Factura 001-004-000010330 1114274599 Ventas con Factura CALLE DE RETORNO Y JULIO MATOVELLI 0105836167 VILLALTA MENDOZA FERNANDO MAURICIO 0000000000000 001 Aguirre no. 611 y Boyaca - CUENCA	
Fecha Emisión: 25/09/2018			
Cantidad 1.000000	Descripción BLUEPHASE RADIOMETRO	Código Principal K211.7124	Código Auxiliar 667,124.000000
Información Adicional: Página web: www.krobalto.com/efactura DirCorreoTransportista: SU_CORREO@HOTMAIL.COM Comentario: FLETE AL COBRO Dirección Establecimiento: Suc. Centro: Aguirre no. 611 y Boyaca Teléfono: 2320319 - 2395329 Correo Electrónico Empresa: info@krobalto.com Hora de Salida: 04:37:30 PM Hora de Llegada: 04:37:30 PM			

Anexo 6. Formulario de Recolección de Datos**Formulario de Recolección de Datos:**

Número: _____

a) Tipo de lámpara de fotopolimerización:

1) Halógena

2) LED

b) Marca Comercial:

c) Modelo:

d) Fractura de la fibra óptica:

1) Ausente

2) Presente

e) Residuos de biomateriales dentales sobre la fibra óptica:

1) Presente

2) Ausente

f) Diámetro de la fibra óptica

1) 6mm 2) 7mm 3) 8mm 4) 9mm 5) 10mm 6) 11mm 7) 12mm

g) Intensidad lumínica:

1) Primera Medición:

mW/cm²

2) Segunda Medición:

mW/cm²

3) Tercera Medición:

mW/cm²

Promedio:

mW/cm²

1) Adecuada

2) Inadecuada

Anexo 7. Instructivo para llenado de Formulario de Recolección de Datos

Instructivo:

El formulario para recolección de datos se llenará siguiendo cada uno de los siguientes parámetros, los cuales serán explicados a continuación:

- **Número:** Se enumerará cada lámpara desde 1 a 366.
- **Tipo de lámpara de fotopolimerización:** Se reconocerá el tipo de lámpara que se evaluará y se clasificará como: 1) Halógena o 2) LED
- **Marca Comercial:** Se anotará la marca comercial de cada dispositivo, en caso de no presentar, se detallará como "No define".
- **Modelo:** Se anotará el modelo de cada dispositivo, en caso de no presentar, se detallará como "No define".
- **Fractura de la fibra óptica:** Se observará la fibra óptica de cada lámpara de fotopolimerización para identificar la pérdida de continuidad o fractura de la fibra óptica y se codificará como: 1) Ausente o 2) Presente.
- **Residuos de biomateriales sobre la fibra óptica:** Se analizará la fibra óptica y se identificará cualquier resto de biomaterial dental para considerarlo como: 1) Presente o 2) Ausente.
- **Diámetro de la fibra óptica:** Se medirá el diámetro de cada dispositivo por medio la plantilla de medidas, la que está incluida en la parte posterior del dispositivo, las cuales se catalogarán como: 1) **6mm**; 2) **7mm**, 3) **8mm**, 4) **9mm**; 5) **10mm**; 6) **11mm** y 7) **12mm**
- **Intensidad lumínica:** Se utilizará el radiómetro dental "BluePhase Meter II" (Ivoclar-Vivadent, Schaan, Liechtenstein) y se medirá tres veces cada dispositivo para finalmente realizar un promedio de las mediciones para categorizarlo como: 1) Adecuada o 2) Inadecuada

Anexo 8. Fotografías de intensidades catalogadas como MIN.

Anexo 6: A. Primera medición; B. Segunda medición; C. Tercera medición; D. Radiómetro Dental y Lámpara de fotopolimerización.

Fuente: Rodas, Villalta